

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Mitsuhiro OKUDA et al.

Application No.: Unassigned

Group Art Unit: Unassigned

Filed: April 1, 2004

Examiner: Unassigned

For: LASER MACHINING ROBOT

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2003-113161


Filed: April 17, 2003

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: April 1, 2004

By: 
H. J. Staas
Registration No. 22, 010

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 4月17日
Date of Application:

出願番号 特願2003-113161
Application Number:

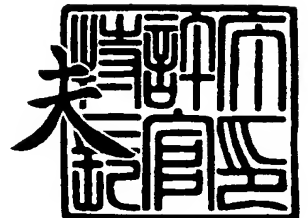
[ST. 10/C]: [JP 2003-113161]

出願人 ファナック株式会社
Applicant(s):

2004年 3月 4日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2004-3016880

【書類名】 特許願

【整理番号】 21571P

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
ナック株式会社 内

【氏名】 奥田 満廣

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
ナック株式会社 内

【氏名】 古屋 好丈

【特許出願人】

【識別番号】 390008235

【氏名又は名称】 ファナック株式会社

【代理人】

【識別番号】 100082304

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹本 松司

【電話番号】 03-3502-2578

【選任した代理人】

【識別番号】 100088351

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉山 秀雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100093425

【弁理士】

【氏名又は名称】 湯田 浩一

**【選任した代理人】****【識別番号】** 100102495**【弁理士】****【氏名又は名称】** 魚住 高博**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 015473**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 9306857**【プルーフの要否】** 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ加工ロボット

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ロボットアーム先端にレーザ加工を行うレーザ加工ヘッドと距離センサを搭載し、該距離センサにより該距離センサと被加工ワークとの間の距離を検出し、該検出された距離に基づいて該被加工ワークと前記レーザ加工ヘッドの先端との間隔を所定距離に保ちつつ前記レーザ加工ヘッドを移動させて加工を行なうレーザ加工ロボットにおいて、

前記加工中、該レーザ加工ロボットの移動の加速度が予め決められた最大加速度を超えず、且つ、加加速度が予め決められた最大加加速度を超えないように制御する手段を備えたことを特徴とする、レーザ加工ロボット。

【請求項 2】 ロボットアーム先端に、距離センサを備えた、レーザ加工を行うレーザ加工ヘッドを搭載し、該距離センサにより該距離センサと被加工ワークとの間の距離を検出し、該検出された距離に基づいて該被加工ワークと前記レーザ加工ヘッドの先端との間隔を所定距離に保ちつつ前記レーザ加工ヘッドを移動させて加工を行なうレーザ加工ロボットにおいて、

前記加工中、該レーザ加工ロボットの移動の加速度が予め決められた最大加速度を超えず、且つ、加加速度が予め決められた最大加加速度を超えないように制御する手段を備えたことを特徴とする、レーザ加工ロボット。

【請求項 3】 前記制御手段による移動制御により、前記レーザ加工ロボットの移動速度が変更された場合、該移動速度の変更に応じてレーザ加工条件を変更する手段を備えた、請求項 1 又は請求項 2 に記載のレーザ加工ロボット。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ロボットアーム先端にレーザ加工を行うレーザ加工ヘッドを搭載し、レーザ加工ヘッドを移動させながら加工を行なうレーザ加工ロボットに関し、更に詳しく言えば、加工中に同レーザ加工ロボットを、レーザ加工ヘッド先端と被加工ワークとの間隔を一定に保ちながら移動させるための技術に関する。

【0002】**【従来の技術】**

近年、自動車業界を初め、一般産業分野においてもロボットを用いたレーザ加工装置による3次元加工のニーズが高まってきている。一般に、レーザ加工ではレーザ加工ヘッドと被加工ワークの間の間隔を最適値に保つため、加工ヘッドに非常に高い位置精度が必要とされる。また、被加工ワークによっては、その形状、寸法、位置にばらつきが存在する場合がある。このような場合には、それらばらつきに対応するために、加工中、リアルタイムでレーザ加工ヘッドの位置を制御する方式が採用されている。

【0003】

しかしながら、このような方式を採用しても、3次元加工においてロボットの急な加減速に伴って振動が発生し、レーザ加工ヘッド先端点の軌跡を正確に制御できない事態を招くことが珍しくない。これを避けるために、経験上得られた速度条件をその都度入力することで対処していた（例えば下記特許文献1を参照）。

【0004】**【特許文献1】**

特開平6-210475号公報

【0005】**【発明が解決しようとする課題】**

しかし、上記方法では、振動発生場所付近のロボットの速度設定と、同速度に見合ったレーザ出力設定を試行錯誤的に繰り返し、加工に要する時間をできるだけ長引かせずに安定した加工状態を実現できる条件を定める必要があり、その作業に時間がかかってしまう問題があった。本発明はこのような問題を解決し、レーザ加工ロボットが加工中に自動的に振動発生を避けながら移動できるようにすることを目的としている。また、そのことを通じて、安定した加工状態が簡便に実現できるようにして、レーザ加工ロボットによるレーザ加工の信頼性と効率を向上させることを企図している。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、ロボットアーム先端にレーザ加工を行うレーザ加工ヘッドを搭載し、距離センサを利用して被加工ワークと該レーザ加工ヘッドの先端との間隔を所定距離に保ちつつ前記レーザ加工ヘッドを移動させて加工を行なうレーザ加工ロボットにおいて、加工中のレーザ加工ロボットの移動の加速度と最大加速度を規制し、各々が予め決められた最大加速度及び最大加加速度を超えないように制御することで上記課題を解決する。

【0007】

即ち、このような制御により、レーザ加工ロボットの加減速が必然的に大きくなり易い部分（例えばコーナー部）の通過時に、自動的に加速度と加加速度が抑えられ、それによって振動が発生する可能性が自動的に抑えられる。また、それに伴うレーザーヘッド先端点の速度（レーザ加工ロボットの移動速度）の変更（一般に、低下）に応じて、レーザ出力などのレーザ加工条件を制御することで、上記規制に影響されない安定したレーザ加工を実現することができる。なお、加速度及び加加速度の制限値（最大加速度及び最大加加速度）の大きさは、要求されたレベルで振動抑制が達成されるように、設計的に定めれば良い。

【0008】**【発明の実施の形態】**

図1は、本発明に従った実施形態におけるレーザ加工ロボットのシステム構成の概要を示した図である。同図に示したように、本システムは、レーザ加工ロボット（以下、「ロボット」という）、同ロボット1に接続され、同ロボット1の動作を制御するロボットコントローラ10、ロボット1のアーム先端に装着されたレーザ加工ヘッド2、同レーザ加工ヘッド2に光ファイバ5を介して加工のためのレーザビームを送るレーザ発振器4を含んでいる。レーザ発振器4のレーザ出力のON/OFF及びパワーの制御は、レーザ発振器4に接続されたロボットコントローラ10によって行なわれる。

【0009】

そして更に、ロボット1のアーム先端には、レーザ加工ヘッド2に近接して距離センサ（ハイトセンサとも言う）3が装着され、同距離センサ3にケーブル7

を介して接続され、距離センサ 3 の距離センシング動作を制御するとともに、検出信号を処理してロボットコントローラ 10 に渡す。この信号（以下、「ハイトセンサ信号」とも言う）は、直接にはワーク（被加工対象物）W と距離センサ 3 の間の距離を表しているが、ロボットコントローラ 10 内でワーク W とレーザ加工ヘッド 2 の先端との間隔（ワーク W の表面から測ったレーザ加工ヘッド先端の高さ）を表わす信号として利用することができる。

【0010】

ロボットコントローラ 10 は、ロボット 1 の各軸をサーボ制御する軸制御アンプ 11 の他、周知の態様で CPU、諸メモリ、外部信号の入出力のためのインターフェイス等を備えている（詳細説明は省略）。ワーク W に対するレーザ加工を行なうための加工プログラムは、ロボットコントローラ 10 の不揮発性メモリに格納されている、加工プログラムを再生することで、ロボット 1 は同プログラムが指定する経路に沿って移動する一方、レーザ発振器 4 のレーザ出力の ON/OFF 及びパワーが制御され、加工が実行される。

【0011】

ここで、加工プログラムは、距離センサアンプ 6 から得られる距離情報、即ち、ワーク W と距離センサ 3 の間の距離に基づいて求められる「レーザ加工ヘッド 2 の先端とワーク W との距離」（以下、「ヘッドーワーク間隔」という）の情報を用いて、同ヘッドーワーク間隔を予め定めた所定値に保つような制御を命令するものとなっている。また、通常に態様で、ロボット 1 の移動速度（指令速度）、加減速の時定数等を指定する諸データを含んでいる。

【0012】

但し、ロボットコントローラ 10 は、本発明の特徴を反映して、最大加速度及び最大加加速度を夫々予め定めた許容値を越えないようにする規制手段（加工プログラムと協同するソフトウェア）12 を有している。この規制手段 12 は、ロボット 1 が例えばコーナ部 C を通る際に、加速度及び加加速度が振動発生を惹起しないように規制する。

【0013】

次に述べるように、この規制は、もしも加工プログラムが指定する条件（指令

速度、加減速定数)通りの移動を実行した場合には最大加速度及び最大加加速度の少なくとも一方が許容値を越えてしまうと判断される時に作動され、コーナ部Cを通る際に振動が発生することを未然に防止する。また、これに伴う速度変更を考慮し、レーザ発振器4の出力をレーザ加工ヘッド2の移動速度に見合うように調節する。

【0014】

このような制御により、加工経路中にコーナ部Cが含まれていても、ロボット1は、少なくとも加工実行中には、ヘッドーワーク間隔を加工プログラムが指定(あるいは別途パラメータで指定)する所定値に保ちつつ、安定したレーザ加工が実現される。即ち、コーナ部C通過時にレーザ加工ヘッド2が振動し、距離センサ3を利用した倣い制御が乱され、ヘッドーワーク間隔が変動して加工品質に悪影響を与えることが防止される。

【0015】

なお、加工プログラムの作成にあたっては、実際に加工位置をトレースしながら教示作成する方法と、オフラインで加工プログラムを作成した後、ロボットコントローラ10にデータを移し、実行する方法があるが、本システムの場合、レーザ加工ヘッド2の高さ方向は、距離センサ3の信号にもとづいてワークWの表面から一定の距離に制御されるため、教示プログラム作成時、各ポイント(教示点)毎に正確に教示する必要はない。

【0016】

上述したように、距離センサ3からの信号は、距離センサアンプ6を介してロボットコントローラ10に読み込まれ、レーザ加工ヘッド2とワークWの表面の間隔が所定値に維持されるようにロボットアームの先端位置が制御される。距離センサ3にはいくつかのタイプがあるが、光検出方式または静電容量検出方式のセンサのいずれも採用可能である。

【0017】

次に、加工プログラム実行中のレーザ加工ヘッド2の高さ制御(センサーワーク間隔制御)及び加減速制御について図2(処理の概要を記したフローチャート)及び図3(加減速処理後の速度指令について説明する図)を参照して説明する

。この加減速制御に際して、上記した加速度及び加加速度の規制が行なわれる。各ステップの要点は下記の通りである。ロボット1の運転を開始するとロボットコントローラ10内のメインプロセッサは、これら諸ステップの処理を開始する。

【0018】

ステップS1；再生されるべき教示プログラム（加工プログラム；以下、単にプログラムという）について、行番号を指定する行番号指標L（レジスタ値）を初期値1に設定する。

ステップS2；行番号指標Lが指定する行が最終行であれば処理を終了する。ノーであれば、ステップS3へ進む。

ステップS3；行番号指標Lが指定する行番号の動作文を読み込む。

ステップS4；その動作文が、レーザON命令であるか否か判断し、イエスであればステップS6へ進み、適切なタイミングでレーザ発振器4をONとする。もしノーであれば、ステップS5へ進む。

【0019】

ステップS5；行番号指標Lを1アップして、ステップS2へ戻る。

ステップS6；加工ノズル（レーザ加工ヘッド2）の高さ方向のロボット位置について、ハイトセンサ信号を利用した倣い制御を開始する。

ステップS7；ロボットの軸数指標N（レジスタ値）を初期値1に設定する。

ステップS8；指標Nがロボットの軸数を越えているかチェックし、越えていなければステップS9へ進み、越えていればステップS14へ進む。

ステップS9；読み込まれている動作文情報（動作指令の情報）、及び、ロボット機構部の情報（ロボットのアームリンク長等）より、指標Nが表わす軸の加速度 Acc_n を算出する。また更に、加速度の変化量から加加速度 J_n を算出する。

【0020】

ステップS10；算出された加速度 Acc_n と加加速度 J_n を、夫々予めメモリに設定されている最大許容値 Acc と加加速度 J_{max} と絶対値で比較する。いずれか一方について、許容値を越えていればステップS12へ進み、そうでなければ

ステップ S 1 1 へ進む。なお、ここでは Acc 、 J_{max} は各軸共通値とするが、場合によっては、各軸毎に用意して、 $Acc1$ 、 J_{max1} 、 $Acc2$ 、 J_{max2} ・・・ $Acc6$ 、 J_{max6} （6 軸ロボットの場合）などとしても良い。

【0021】

ステップ S 1 2；最大許容値 Acc と加加速度 J_{max} を読み込む。なお、上記したように、許容値が各軸毎に用意されている場合は、軸指標 N に対応する $AccN$ 、 J_{maxN} を読み込む。

【0022】

ステップ S 1 3；軸指標 N が表わす軸について、加減速制御の制御パラメータを最大加速度については Acc 、最大加加速度については J_{max} として、図 3 に示すような加減速処理を行ない、その結果得られる速度指令（所定周期毎の移動指令）を出力する。即ち、ロボット 1 の加速域（時間領域）においては、所定周期毎に設定加加速度分 J_{max} づつ加速度を増加させ、最大加速度 Acc に達した時点で加加速度を 0 にする。次に、速度が目標値 V_c に近くなったところで設定加加速度分 J_{max} づつ加速度を減少させ、指令速度 V_c に達した時点で加速度、加加速度を 0 とする。減速域においては、該設定加速度、加加速度をもとに加速と逆の手順で速度を減少させる。ステップ S 1 3 の処理を終えたらステップ S 1 1 へ戻る。

【0023】

ステップ S 1 4；全軸の加速度から、レーザ加工ヘッド 2 の先端の移動速度（ノズル先端速度）を計算する。

ステップ S 1 5；ステップ S 1 4 で算出されたノズル先端速度の減速比（プログラムで元来指定されていた指令速度 V_c に対応する移動速度との比）に応じてレーザ発振器 4 の出力を下方変更する。即ち、指令速度 V_c の下でのレーザ出力指令値が P_c の場合、加減速域においてはレーザ指令値を $P_c' = P_c \cdot V(t) / V_c$ として制御を行う。なお、この処理は、上記の加減速処理に伴う移動指令の出力毎に実行される。加減速処理に伴う移動指令の出力が終われば、元のレーザ出力に戻す。

【0024】

ステップ S 16 ; 行番号指標 L を 1 アップして、ステップ S 2 へ戻る (符号 A 丸印を参照) 。

【 0 0 2 5 】

このような処理サイクルを実行することで、レーザ加工ヘッド 2 が各レーザ加工区間の開始位置に到達する毎に、レーザ出力指令が ON され、ハイトセンサ信号の読み込みの下で倣い制御によるレーザ加工が実行される。また、その際の加減速制御について加速度と加加速度がチェックされ、振動防止予測時には加減速制御の内容は強制的に変更される。また、加減速域においてはレーザ出力指令値も加減速域の速度 $V(t)$ に応じて変化させられる。

【 0 0 2 6 】

また、レーザ加工ヘッドがレーザ加工区間の終了位置に到達した時点毎に、レーザ出力 OFF 指令が読み込まれ、レーザ出力は OFF される。また、ハイトセンサ信号の読み込みも終了させるられる。プログラムの最終行まで達すると、処理エンドの命令文に従い、処理終了となる。

【 0 0 2 7 】

ところで、上記の実施形態では、ヘッドーワーク間隔 (ノズル高さ) をモニターする距離センサ (ハイトセンサ) 3 は、ロボットアーム先端にレーザ加工ヘッド 2 とは別体で装着されているが、レーザ加工ヘッド自身に距離センサ (ハイトセンサ) を装着しても同様のモニターが可能であることは言うまでもない。また、ヘッドーワーク間隔 (ノズル高さ) を所定値に保つための倣い制御のために、付加軸を設け、この付加軸をハイトセンサ信号に応じて制御するようにしても良い。

【 0 0 2 8 】

図 4 (a) には、レーザ加工ヘッド自身に距離センサ (ハイトセンサ) を装着し、付加軸を設け、この付加軸をハイトセンサ信号に応じて制御するケースを示した。また、図 4 (b) には、レーザ加工ヘッド自身に距離センサ (ハイトセンサ) を装着し、倣い制御は上記実施形態と同じく 6 軸の制御で行なうケースを示した。いずれのケースにおいても、本発明の特徴である「加速度と加速度の規制」のやり方は上記実施形態と同様である。

【0029】

【発明の効果】

本発明によれば、ロボットの急加速時の振動によって発生する軌跡の乱れを、未然に防止することができる。また、それに伴い、加工経路にコーナ部を含むケース、例えば複雑な3次元形状のワークに対しても、安定したレーザ加工を実行することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は、本発明に従った実施形態におけるレーザ加工ロボットのシステム構成の概要を示した図である。

【図2】

実施形態におけるレーザ加工ヘッド高さ制御と加減速制御について説明するフローチャートである。

【図3】

加減速処理後の速度指令について説明する図である。

【図4】

(a)は、レーザ加工ヘッド自身に距離センサ（ハイトセンサ）を装着し、付加軸を設け、この付加軸をハイトセンサ信号に応じて制御するケースを示した図であり、(b)は、レーザ加工ヘッド自身に距離センサ（ハイトセンサ）を装着し、倣い制御は上記実施形態と同じく6軸の制御で行なうケースを示した図である。

【符号の説明】

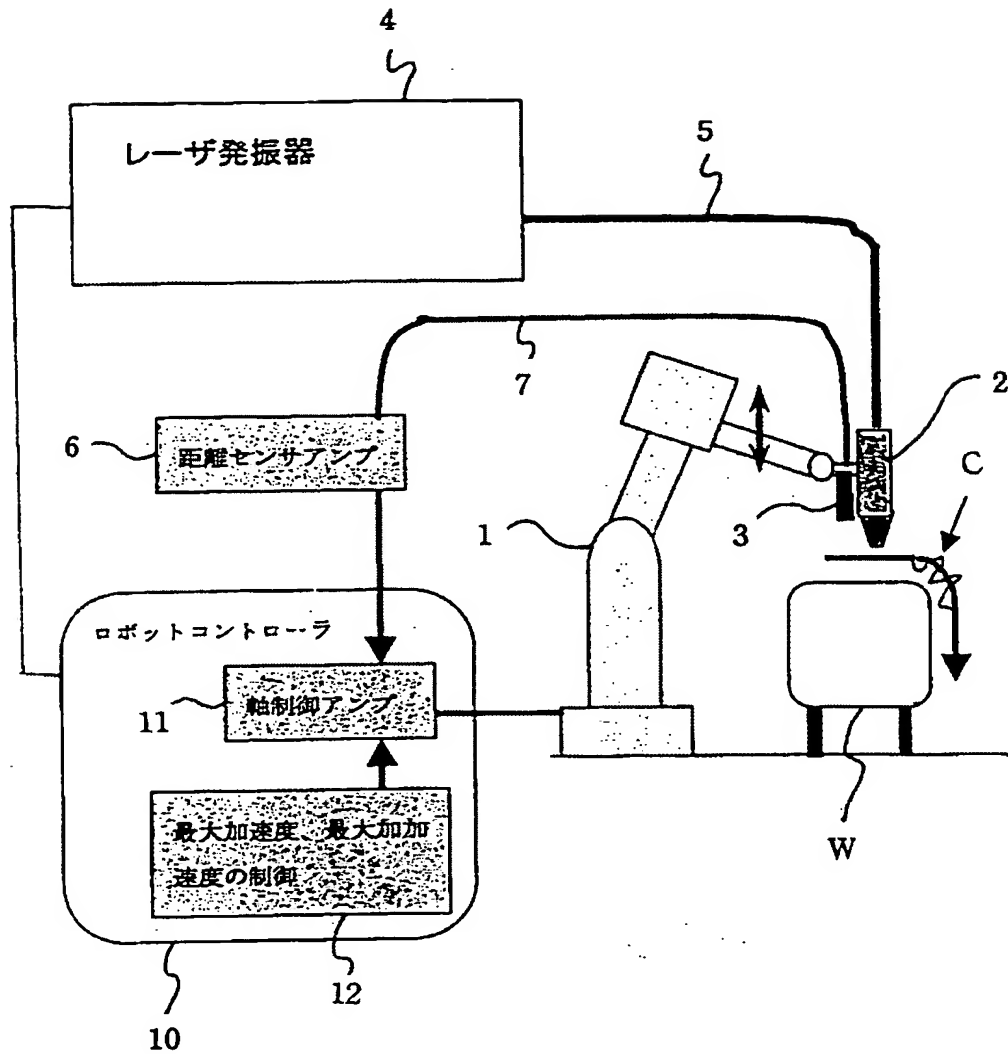
- 1 ロボット（レーザ加工ロボット）
- 2 レーザ加工ヘッド
- 3 距離センサ
- 4 レーザ発振器
- 5 光ファイバ
- 6 距離センサアンプ
- 7 ケーブル

- 1 0 ロボットコントローラ
- 1 1 軸制御アンプ
- 1 2 加速度／加加速度規制手段
- C コーナ部

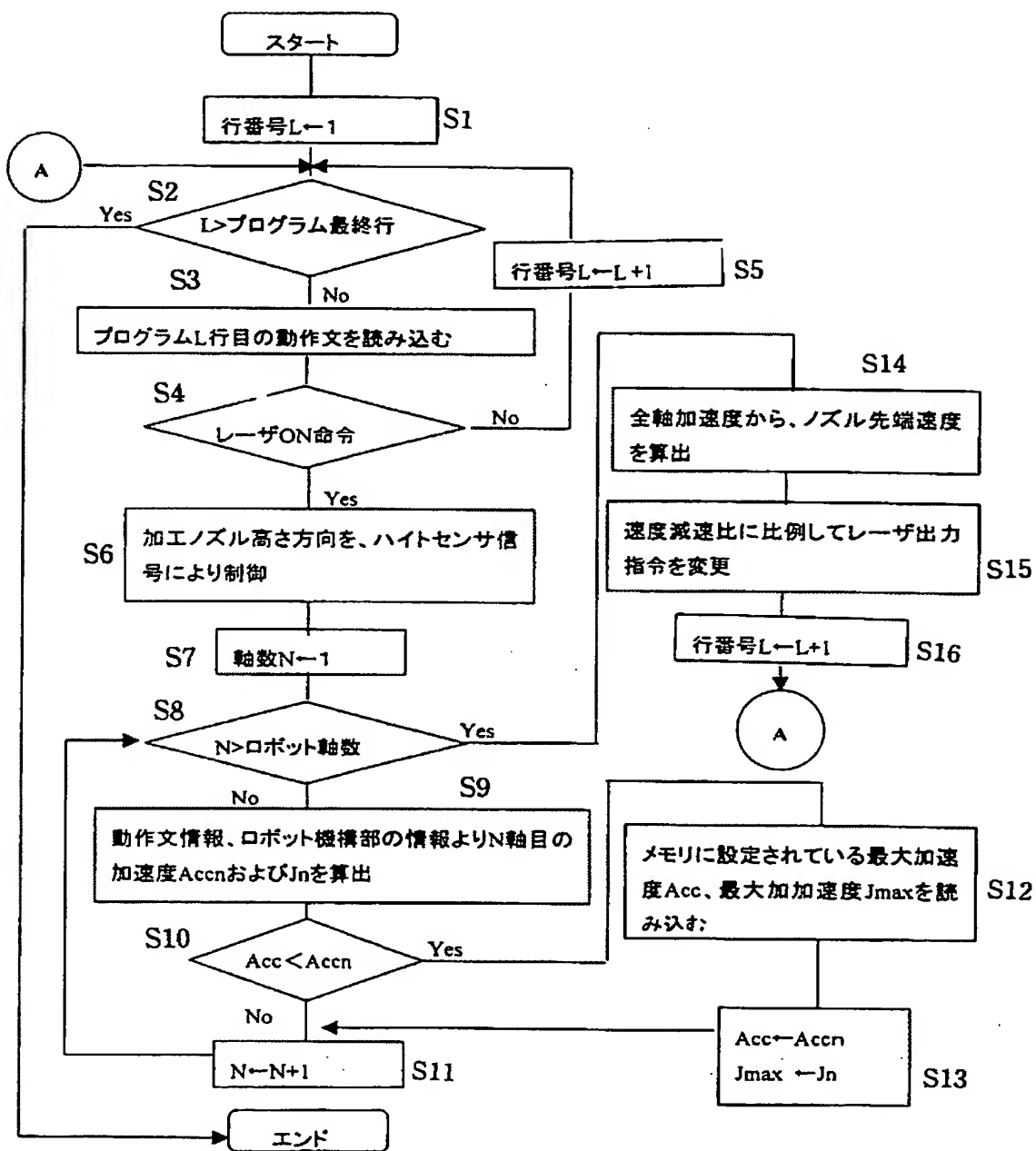
【書類名】

図面

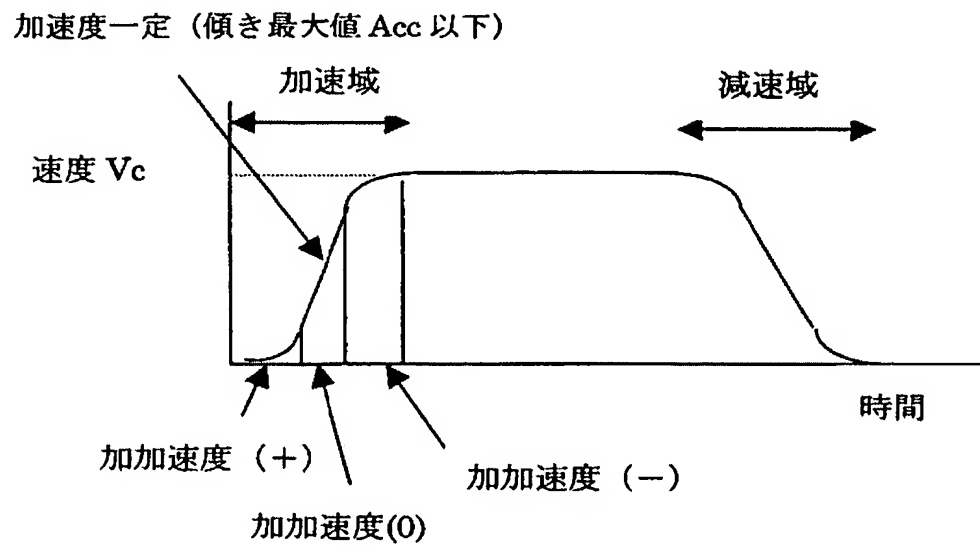
【図 1】



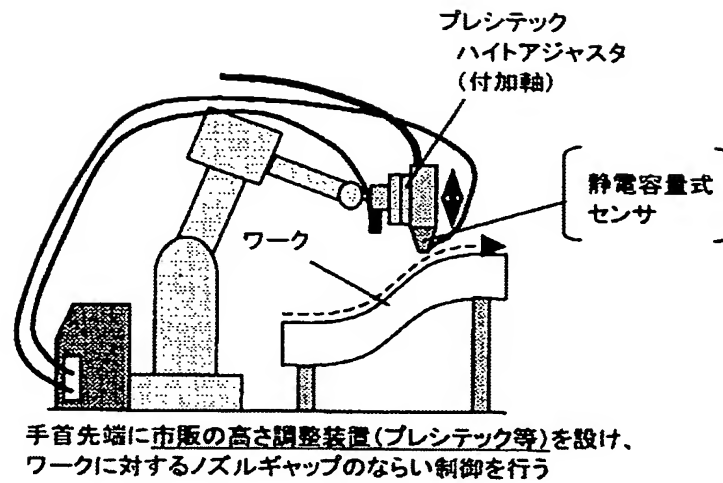
【図 2】



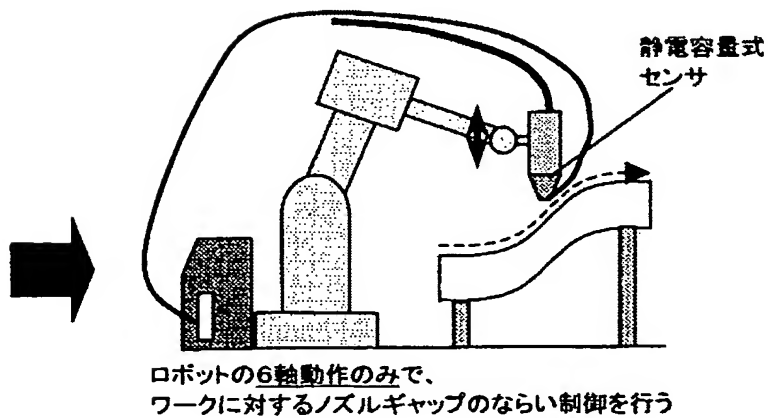
【図 3】



【図 4】



(a)



(b)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザ加工ロボットにおけるレーザセンサーワーク間隔維持制御の乱れの防止。

【解決手段】 ロボットコントローラ10内で加工プログラムを再生し、ロボット1を加工経路に沿って移動させる際に、距離センサアンプ6を介して距離センサ3の検出信号を取り込み、レーザ加工ヘッド2とワークWの間の間隔を所定値に保つように倣い制御を行なう。コーナ部Cにおける加減速処理において、最大加速度及び最大加加速度の規制手段12を用いてロボットの加速度及び加加速度が夫々所定値を越えないように制御し、コーナ部C通過時の振動発生を防止する。それに伴うレーザ加工ヘッド2の移動速度変更に見合ったレーザ発振器4の出力変更を併せて実行する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-113161
受付番号	50300640935
書類名	特許願
担当官	第四担当上席 0093
作成日	平成15年 4月18日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 4月17日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 1 3 1 6 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [3 9 0 0 0 8 2 3 5]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 1 0 月 2 4 日

[変更理由] 新規登録

住 所 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地

氏 名 ファナック株式会社